

## 5AF-P04: ผลของอาหารหนอนผสมมูลสัตว์ต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิต

ของหนอนแมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) ในระยะหนอนถึงแมลงEffect of Larvae Feed mixed with Animal Excrements on Productive Performance of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) in Larvae to Fly Periodดลฤดี จรัสอุไรธรรม<sup>1</sup> ปราโมทย์ บุญโพธิ์<sup>1</sup> จิรายุส เข้มสวัสดิ์<sup>2</sup> ธีรพงษ์ ใจชาญสุขกิจ<sup>1\*</sup>ชูศักดิ์ พูลมา<sup>1</sup> สติติย์ อรุณแสง<sup>1</sup> และ ประไพพรรณ สิทธิกุล<sup>1</sup>Donrudi Jaraturatham<sup>1</sup>, Pramot Boonpro<sup>1</sup>, Jirayut Khemsawat<sup>2</sup>, Teerapong Jaichansukkit<sup>1\*</sup>,Chusak Pulmar<sup>1</sup>, Satit Aroonsaeng<sup>1</sup> and Prapaiphun Sittigool<sup>1</sup>

## บทคัดย่อ

ราคาของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์มีราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องหาแหล่งโปรตีนทดแทนชนิดใหม่ การเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย (BSF) จากอาหารที่หลากหลายจึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเพื่อเป็นแนวทางในการใช้หนอนเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์ ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้ผลผลิตของหนอนแมลงวันลายที่ได้รับอาหารหนอนผสมมูลสัตว์ที่แตกต่างกัน โดยสุ่มหนอนจำนวน 100 ตัวต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ลงในอาหาร 4 ชนิด ได้แก่ อาหารหนอนควบคุม (T1) มูลไก่ผสมอาหารหนอนควบคุม อัตราส่วน 3:1 (T2) มูลสุกรผสมอาหารหนอนควบคุมอัตราส่วน 3:1 (T3) และ มูลโคผสมอาหารหนอนควบคุมอัตราส่วน 3:1 (T4) หนึ่งจำลองทางสถิติถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยกำหนดให้ปัจจัยคงที่ คือ ชนิดของอาหารหนอน และกำหนดปัจจัยสุ่ม คือ ส่วนที่เหลือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ผลการศึกษาพบว่า อาหารที่แตกต่างกันมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของหนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ลักษณะจำนวนหนอนที่เข้าดักแด่เมื่อมีมากกว่าร้อยละ 10 ( $P = 0.089$ ) โดยที่การใช้อาหาร T4 มีผลต่อลักษณะอัตราการเจริญเติบโตในระยะหนอนถึงดักแด่ และ ลักษณะจำนวนของแมลงวันลาย มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.070 กรัมต่อวันต่อหนอน 10 ตัว และ 74.25 ตัว ตามลำดับ งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า อาหารหนอนผสมมูลโคสามารถนำมาใช้เลี้ยงหนอนได้ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นเป็นนัยว่าหนอนแมลงวันลายสามารถกินอาหารได้หลากหลายจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์

**คำสำคัญ:** หนอนแมลงวันลาย, มูลสัตว์, การให้ผลผลิต

## Abstract

The continuing increase of price of protein source in animal feed cause producers try to find new sources of protein replacement. The rise of Black soldier (BSF) larvae by various feed diets had been interesting in order to use as a guideline for a protein source in animal feed substitute. Therefore, the objective of this study was to investigate productive performance of BS larvae fed by different animal excrements with base feed. A hundred of BS larvae was random into four feed types with three replications. Base feed defined as T1, layer excrement mixed with T1 in the ratio 3:1 was T2, while fattening pig excrement mixed with T1 in the ratio 3:1 was T3, and beef cattle excrement mixed with T1 in the ratio 3:1 was finally T4. Statistical model was used in this study, which feed type was defined as a fixed effect and residual as a random effect. Comparison of means in this study used Least Significant Difference (LSD). The result of this study presented the larvae feeds affect productive performance of BS larvae for all traits ( $P < 0.001$ ), except the number of larvae to prepupal at 10 percentage ( $P = 0.089$ ). The T4 had the highest effect on average daily gain during larvae to prepupal and the number of flies was observed. There were 0.070 g/d/10 larvae, and 74.25 larvae, respectively. In conclusion, beef cattle excrement mixed with base feed could fed to BS larvae. This research implied that the raised BS of larvae by various feeds might possible and also used BS larvae as a source of protein replacement in animal feed.

**Keywords:** Black soldier fly larvae, Animal excrement, Production

<sup>1</sup> คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

<sup>2</sup> กลุ่มวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จังหวัดปทุมธานี

\* Corresponding author. E-mail: teerapong.j@rmutsb.ac.th

### บทนำ

ต้นทุนค่าอาหารสัตว์มีราคาเพิ่มขึ้น เนื่องจากปลาป่นที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักมีราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกเกรด (DIT, 2020) ทั้งนี้ นอกจากปัญหาด้านอาหารที่มีราคาสูงและปัญหาทางด้านคุณภาพวัตถุดิบแล้วนั้น ยังมีปัญหาเรื่องของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตั้งแต่การเลี้ยงไปจนถึงการแปรรูป เช่น มูลของสัตว์ เศษอาหารที่ตกหล่น เศษเนื้อ และ ชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นในกระบวนการแปรรูปต่างๆ เป็นต้น แม้ว่าการกำจัดสิ่งปฏิกูลเหล่านี้จะสามารถใช้วิธีหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่ในการทำบ่อก๊าซนั้นจำเป็นต้องมีเงินทุนเพื่อก่อสร้างหรือใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ต่างๆ อีกทั้งยังต้องใช้องค์ความรู้ในการสร้าง ดัดแปลง หรือ ต่อเติมให้สามารถเก็บสิ่งปฏิกูลและเก็บก๊าซมีเทนได้อย่างปลอดภัย (DEDE, 2010) ทั้งนี้ การทำปุ๋ยหมักเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นได้ แต่การทำปุ๋ยหมักนั้น ยังเป็นการกำจัดของเสียที่ยังใช้ประโยชน์จากของเสียต่างๆ ได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากในของเสียที่เกิดขึ้นนั้น ยังคงมีสารอาหารหลงเหลืออยู่ ด้วยเหตุนี้ การนำหนอนมาเลี้ยงด้วยของเสียดังกล่าวย่อมเป็นการใช้ประโยชน์จากสารอาหารที่ยังคงเหลืออยู่ได้ดีกว่า หลังจากนั้นจึงนำมูลของหนอนไปใช้ทำเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ต่อไป

ทั้งนี้ หนอนที่กำลังได้รับความสนใจสำหรับใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ คือ หนอนแมลงวันลาย ซึ่ง แมลงวันลาย (Black soldier fly; BSF) ถูกจัดอยู่ในอันดับชั้นเดียวกับแมลงวันบ้าน คือ อันดับ Diptera แต่อยู่ต่างตระกูลกัน โดยแมลงวันลายอยู่ในตระกูล Stratiomyidae สกุล Hermetia มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Hermetia illucens* แมลงชนิดนี้สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้น (Wang and Shelomi, 2017) โดยมีวัฏจักรชีวิต 5 ระยะคล้ายกับแมลงวันบ้าน คือ ระยะตัวเต็มวัย (แมลง) ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะหนอนก่อนเข้าดักแด้ และระยะดักแด้ (Win et al., 2018) แต่ในทางสรีรวิทยาและพฤติกรรมแตกต่างจากแมลงวันบ้าน โดยอาหารในระยะตัวเต็มวัยคือน้ำและน้ำหวาน จึงไม่เป็นพาหะนำโรคเช่นเดียวกับแมลงวันบ้าน (Tancho, 2017) ทั้งนี้ ในระยะตัวหนอนเป็นระยะที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นระยะที่หนอนจะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์เพื่อเป็นแหล่งโปรตีน ด้วยสาเหตุที่หนอน BSF สามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด (Lalander et al., 2019) และสามารถกินมูลสัตว์ได้อีกด้วย (Oonincx et al., 2015) โดยอาหารที่ถูกหนอน BSF กินจะเปลี่ยนเป็นโปรตีนในร่างกายของหนอนเอง ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ผลิตได้ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 37.8 (Mutafela, 2015) ถึง ร้อยละ 47.6 (Aniebo et al., 2009) นอกจากนี้ หนอนแมลงวันลายยังสามารถสร้างวิตามินและกรดอะมิโนได้หลายชนิด (Lalander et al., 2019) โดยกรดอะมิโนที่สำคัญ คือ กรดลอริก (Lauric acid) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สามารถยังยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ (Tancho, 2017) นอกจากนี้ กิจกรรมของหนอน BSF ยังยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เช่น การกินอาหาร การขับถ่าย และ การเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในอาหาร เป็นต้น (Liu et al., 2008) ดังนั้น การใช้หนอน BSF เพื่อเป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์จึงมีความเป็นไปได้และไม่ก่อให้เกิดโรคในสัตว์

อย่างไรก็ตาม การศึกษาการให้ผลผลิตของหนอนแมลงวันลายในระยะหนอนถึงระยะตัวเต็มวัยยังมีไม่มากนัก เช่นเดียวกับการศึกษาในด้านการใช้ประโยชน์จากมูลสัตว์เพื่อเป็นอาหารของหนอนแมลงวันลาย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอาหารหนอนผสมมูลสัตว์ต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของหนอนแมลงวันลายในระยะหนอนถึงระยะตัวเต็มวัยที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิดของประเทศไทย

### วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการอนุมัติให้ดำเนินการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ จากคณะกรรมการกำกับดูแลการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (IAU-RUS63-002)

### ตัวสัตว์

การศึกษานี้ใช้ไข่ที่ได้รับจากเกษตรกรผู้เลี้ยงแมลงวันลายที่มีการผลิตไข่หนอนและตัวหนอนเพื่อเลี้ยงใช้ลดต้นทุนในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดขอนแก่น จากนั้นนำไข่ที่ได้รับมาเพาะฟักในพื้นที่วิจัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (Latitude 14.3772841 : Longitude 100.608484) เพื่อให้เป็นตัวหนอน โดยเลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานที่ใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด คือ รำละเอียด และ อาหารไก่เล็ก ในอัตราส่วน 3 ส่วน ต่อ 1 ส่วน ตามลำดับ ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ส่วนของน้ำหนักอาหาร ตามวิธีการของ Tancho (2017) เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นสุ่มหนอน BSF ลงในกล่องเลี้ยงขนาด 20 × 15 × 8 ซม. จำนวน 4 กล่องต่อที่รีเทนต์ กล่องละ 100 ตัว คิดเป็นหนอนแมลงวันลายทั้งหมด 2,400 ตัว

### อาหารของหนอนแมลงวันลาย

อาหารควบคุม : อาหารพื้นฐานที่มีส่วนประกอบของรำละเอียดและอาหารไก่เล็ก ถูกใช้เป็นอาหารหนอนควบคุม (T1) ในขณะที่มูลไก่ไข่ผสมอาหารหนอนควบคุมในอัตราส่วน 3:1 และผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ส่วนต่อน้ำหนักอาหาร ถูกกำหนดให้เป็น T2, มูลสุกรขุนผสมอาหารหนอนควบคุมในอัตราส่วน 3:1 และผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ส่วนต่อน้ำหนักอาหาร ถูกกำหนดให้เป็น T3 และ มูลโคผสมอาหารหนอนควบคุมในอัตราส่วน 3:1 และผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ส่วนต่อน้ำหนักอาหาร ถูกกำหนดให้เป็น T4 จากนั้นนำอาหารแต่ละชนิดให้หนอน BSF ปริมาณ 25 กรัมต่อกล่อง ในเวลา 07.00 น. และ 15.00 น. อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยตรวจสอบการกินอาหารของหนอน BSF ในช่วงเวลา 10.00 น. และ 12.00 น. ถ้าพบว่าหนอน BSF กินอาหารหมดจะเพิ่มอาหารครั้งละ 10 ถึง 15 กรัม พร้อมกับจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ทั้งหมดตลอดระยะเวลาการศึกษา

### การเลี้ยงและการบันทึกข้อมูล

การศึกษานี้เริ่มต้นในเดือน กันยายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 โดยเฉพาะฟักและเลี้ยงหนอน BSF ไว้ในโรงเรือนระบบเปิดที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายสีดำที่มีการกรองแสง 40% เพื่อป้องกันแสงแดดและความร้อนตลอดระยะเวลาการศึกษา ทั้งนี้ วิธีการชั่งน้ำหนักของหนอนกระทำโดยการนำหนอนนำมาวางไว้บนกระดาษชำระเป็นเวลา 2-3 วินาที เพื่อกระดาษดูดซับน้ำบนตัวหนอน เมื่อตัวหนอนแห้งสนิทจึงนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง โดยเริ่มจากวันที่ 1 ของการศึกษา หนอน BSF จำนวน 10 ตัวต่อกล่อง ถูกผสมชั่งน้ำหนักรายตัวเพื่อบันทึกเป็นข้อมูลน้ำหนักเริ่มต้น แต่เมื่อทำการชั่งน้ำหนักพบว่าหนอน BSF รายตัวมีน้ำหนักน้อยกว่าที่เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่งจะสามารถวัดค่าได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงผสมหนอนจำนวน 10 ตัวต่อกล่อง เพื่อชั่งน้ำหนักเป็นกลุ่ม จำนวน 3 ครั้งโดยไม่ซ้ำตัวเดิม และทำการชั่งน้ำหนักเช่นเดียวกันนี้ตลอดระยะเวลาการศึกษา อย่างไรก็ตาม ในทุกสัปดาห์ของการศึกษานั้น หนอนจำนวน 10 ตัว ถูกผสมชั่งน้ำหนักรายตัวเพื่อบันทึกเป็นข้อมูลน้ำหนัก และชั่งน้ำหนักในวันสุดท้ายของการศึกษาเพื่อใช้เป็นน้ำหนักตัวสุดท้าย

หนอนทั้งหมดถูกเลี้ยงต่อไปจนกระทั่งเข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแด้ (prepupal stage) ซึ่งหนอนในระยะนี้มีลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนไป คือ ลำตัวมีสีเปลี่ยนไปจากสีขาวอมเหลืองเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม May (1961) อ้างโดย Oonincx et al. (2005) ซึ่งเมื่อมีจำนวนหนอนมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ตัวของจำนวนหนอนทั้งหมด จึงกำหนดให้เป็นวันสุดท้ายของระยะตัวหนอนในกล่องนั้นๆ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ จำนวนหนอนที่เข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแด้เมื่อมีมากกว่า 10 เพอร์เซ็นต์ของหนอนทั้งหมด (Number of pupae; NPP), ระยะเวลาที่หนอนเข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแด้ครบ 10 เพอร์เซ็นต์ของหนอนทั้งหมด (Duration of larval to prepupal stage ; DLP), อัตราการเจริญเติบโตช่วงระยะตัวหนอนถึงระยะก่อนเข้าดักแด้ (Average daily gain; ADG) และ จำนวนแมลงวันลายทั้งหมด (Number of fly; NTF) ทั้งนี้ สำหรับลักษณะ ADG เป็นค่าที่เกิดขึ้นจากการชั่งน้ำหนักรวมของหนอนจำนวน 10 ตัว ดังนั้น ข้อมูลน้ำหนักที่นำมาคำนวณจึงเป็นข้อมูลการเจริญเติบโตของหนอนที่ถูกผสมจำนวน 10 ตัว ในช่วงระยะตัวหนอนถึงระยะก่อนเข้าดักแด้

การศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีสมมติฐานสำหรับหน่วยทดลอง คือ หนอนทุกตัวเกิดจากพ่อแม่แมลงวันลายที่มีการเลี้ยงในรูปแบบฟาร์มที่มีการจัดการและการเลี้ยงในรูปแบบเดียวกัน พันธุกรรมมีความใกล้เคียง ทำให้หนอนที่นำมาศึกษามีความใกล้ชิดกันทั้งในระดับปัจจัยภายในและภายนอก ต่อมาเมื่อนำมาเลี้ยงในพื้นที่วิจัย หนอน BSF ได้รับการเลี้ยงดูเหมือนกันทั้งหมด ยกเว้นปัจจัยด้านอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดของการศึกษานี้ โดยจำแนกได้เป็นอาหาร จำนวน 4 ชนิด คือ T1, T2, T3 และ T4 ซึ่งข้อมูลการให้ผลผลิตของหนอนทั้งหมดถูกบันทึกและนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAS version 9.0 (SAS, 2004) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 เพอร์เซ็นต์

### ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะที่ศึกษาในครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ 13.00(4.03) ตัว สำหรับ NPP, 20.25(1.33) วัน สำหรับ DLP, 0.019(0.023) กรัมต่อวัน สำหรับ ADG และ 47.04(28.40) ตัว สำหรับ NTF ตามลำดับ จากนั้นนำมาวิเคราะห์สถิติเชิงปริมาณ (Quantitative statistical analysis) พบว่า อาหารหนอนแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกันนั้นมีอิทธิพลต่อลักษณะการให้ผลผลิตของหนอน BSF ใน 3

ลักษณะ คือ DLP, ADG และ NTF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P < 0.001$  ในขณะที่อาหารหนอนที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อลักษณะ NPP อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P = 0.089$

ลักษณะ NPP มีค่าเฉลี่ยทางสถิติอยู่ในช่วง 17.75 ตัว (T4) ถึง 10.50 ตัว (T2) ดังแสดงใน Figure 1 แสดงให้เห็นว่าหนอน BSF ที่ได้รับอาหารหนอนที่แตกต่างกันนั้นจะมีจำนวนหนอนเมื่อเข้าดักแต่ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ลักษณะ DLP มีค่าเฉลี่ยทางสถิติต่ำที่สุด เท่ากับ 18.00 วัน (T1) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหาร T2, T3 และ T4 ที่มีค่าเท่ากับ 21 วัน (Figure 2) ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าอาหารหนอนควบคุมเป็นอาหารที่ทำให้หนอน BSF เข้าสู่ระยะก่อนเข้าดักแต่ได้เร็วกว่าอาหารหนอนชนิดอื่นๆ ซึ่งน่าจะมีผลมาจากเป็นอาหารที่มีพลังงาน (Energy content) มากกว่าอาหารชนิดอื่น ในขณะที่อาหารหนอนชนิดอื่นนั้นอาจมีสารอาหารไม่เพียงพอ เนื่องจากมีสัดส่วนของมูลสัตว์ผสมอยู่ในอาหารหนอนคิดเป็นร้อยละ 75 ของปริมาณอาหารหนอนทั้งหมด สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Gobbi et al. (2013) และ Lalander et al. (2019) ที่รายงานว่าคุณค่าทางโภชนาการของอาหารหนอนที่ไม่ดีนั้นจะมีผลทำให้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของตัวหนอนเพิ่มขึ้น

ค่าเฉลี่ยทางสถิติสำหรับลักษณะ ADG ของหนอนที่กินอาหาร T4 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.070 กรัมต่อวัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากค่าเฉลี่ยสำหรับลักษณะ ADG ของหนอนที่กินอาหาร T1, T2 และ T3 ที่มีค่าเท่ากับ 0.008, 0.005 และ 0.005 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากในอาหาร T4 เป็นอาหารหนอนที่มีมูลโคเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งในมูลโคมีจุลินทรีย์ที่เรียกว่า rumen microorganisms หรืออาจเรียกว่า rumen microbial โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้อาศัยอยู่ในกระเพาะหมัก (rumen) ทำให้เมื่อโคถ่ายมูลออกมาจึงมีจุลินทรีย์เหล่านี้ติดออกมาด้วย ซึ่งหนอน BSF สามารถนำเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายมาใช้เป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโตต่อไปได้ (Liu et al., 2008) และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zheng et al. (2013) ที่รายงานถึงน้ำหนักตัวของหนอนแมลงวันลายในระยะก่อนเข้าดักแต่ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

หนอน BSF ที่กินอาหาร T4 มีค่าเฉลี่ยทางสถิติสำหรับลักษณะ NTF สูงที่สุด เท่ากับ 74.25 ตัว ( $P < 0.05$ ) ซึ่งเมื่อพิจารณาในรูปของร้อยละ พบว่าหนอนที่กินอาหาร T4 มี NTF มากกว่าหนอน BSF ที่กินอาหาร T3, T2 และ T1 คิดเป็นร้อยละ 25.75, 55.25 และ 67 ตามลำดับ (Figure 4) ซึ่งจำนวนของ BSF ที่อยู่ในระยะตัวเต็มวัยนี้ สามารถใช้อธิบายถึงอัตราการรอดชีวิตจากระยะหนอนถึงระยะแมลงได้อีกด้วย จากผลการศึกษาที่พบว่าอาหาร T4 มีค่าเฉลี่ยทางสถิติสูงที่สุด น่าจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากหนอน BSF ที่กินอาหาร T4 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด จึงทำให้การพัฒนารูปร่างเป็นแมลงมีความสมบูรณ์มากกว่าหนอนที่กินอาหารชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม การพิจารณาลักษณะ NTF มีความสำคัญมากในกรณีนี้ผู้เลี้ยงหนอน BSF ต้องการเลี้ยงหนอนเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์แมลง สอดคล้องกับรายงานของ Gobbi et al. (2013) ที่รายงานถึงการเลือกใช้อาหารที่มีคุณภาพดี มีระดับโปรตีนและพลังงานที่เพียงพอสำหรับแมลงในระยะตัวเต็มวัย จะทำให้แมลงมีน้ำหนักตัวมาก มีขนาดร่างกายใหญ่ มีระบบสืบพันธุ์ที่ดี และมีความสามารถในการวางไข่ที่ดี

ทั้งนี้ การใช้อาหารหนอนผสมมูลสัตว์อาจมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของหนอน BSF ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ค่าทางโภชนาการ (Proximate analysis) เพื่อเป็นการตรวจสอบถึงความเป็นไปได้ในการนำหนอน BSF ไปใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ ดังแสดงใน Table 1 พบว่า หนอน BSF ที่กินอาหาร T1, T2, T3 และ T4 มีระดับโปรตีน อยู่ในช่วงร้อยละ 40.19 (T3) ถึง ร้อยละ 52.39 (T4) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ หนอนที่กินอาหารปลาผสมอาหารหนอน และ หนอนที่กินเศษอาหารจากโรงอาหารผสมอาหารหนอน พบว่ามีระดับโปรตีนใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกับรายงานของ Spranghers et al. (2017) อีกด้วย (Table 2) อย่างไรก็ตาม ในการผลิตอาหารสัตว์ นอกจากการพิจารณาที่ระดับโปรตีนของวัตถุดิบนั้น ๆ ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงระดับไขมันอีกด้วย เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาประกอบสูตรอาหารสัตว์ โดยผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า หนอน BSF ที่กินอาหารหนอนผสมมูลสัตว์ มีระดับไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 7.64 (T3) ถึง ร้อยละ 11.62 (T4) ซึ่งน้อยกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ ประมาณ 3 ถึง 6 เท่าของปริมาณที่พบในอาหาร T1, T2, T3 และ T4 ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการประกอบสูตรอาหารสัตว์ที่ต้องการปริมาณไขมันในสูตรอาหารน้อย สามารถเลือกใช้หนอนที่กินอาหารหนอนผสมมูลสัตว์ได้

### สรุป

อาหารหนอนผสมมูลสัตว์มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิตของหนอนแมลงวันลายในระยะหนอนถึงระยะแมลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ลักษณะจำนวนหนอนที่เข้าดักแต่เมื่อมีมากกว่าร้อยละ 10 โดยหนอนที่กินอาหารหนอนผสมมูลโคมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด และมีจำนวนแมลงวันลายมากที่สุด ดังนั้น อาหารหนอนผสมมูลโคจึงเป็นอาหารที่มีความเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม การพิจารณาอาหารหลากหลายชนิด พร้อมกับพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการของ

อาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนยังมีความจำเป็นที่ต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้เลี้ยงหนอนและใช้ประโยชน์จากตัวหนอน ในการเป็นอาหารสัตว์ต่อไป

### คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย (รหัสโครงการ 63202003) ภายใต้ กองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และขอขอบคุณ ศ.ดร.อานัฐ ตันโช สำหรับคำแนะนำในการเลี้ยงและขยายพันธุ์หนอนแมลงวันลาย

### เอกสารอ้างอิง

- Aniebo, A. O., Erundu, E. S. & Owen, O. J. (2009). *Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (Clarias gariepinus) diets. Revista UDO Agricola*, 9(3), 666-671.
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). (2010). *Biogas safety handbook*. Retrieved 2 February 2021, from [http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Biogas%20Safety\\_Handbook.pdf](http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Biogas%20Safety_Handbook.pdf). (in Thai)
- Department of Internal Trade (DIT). (2020). *Monthly price for fish meal*. Retrieved 25 January 2021, from <http://agri.dit.go.th/file/micro/572.pdf>. (in Thai)
- Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A. & Rojo, S. (2013). *The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae)*, *European Journal of Entomology*, 110(3), 461-468.
- Lalander, C. H., Fidjeland, J., Diener, S., Eriksson, S. & Vinneras B. (2015). *High waste-to-biomass conversion and efficient Salmonella spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. Agronomy for Sustainable Development*, 35, 261-271.
- Lalander, C., Siener, S., Zurbrugg, C. & Vinneras, B. (2019). *Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (Hermetia illucens)*. *Journal of Cleaner Production*, 208, 211-219.
- Liu, Q., Tomberlin, J. K., Brady, J. A., Sanford, M. R. & Yu, Z. (2008). *Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce Escherichia coli in dairy manure. Environmental Entomology*, 37(6), 1525-1530.
- Meneguz, M., Schiavone, A., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M. & Gasco, L. (2018). *Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae. Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), doi:10.1002/jsfa.9127.
- Mutafela, R. N. (2015). *High value organic waste treatment via Black soldier fly* (Master of Science thesis), KTH Royal institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A. & van Loon, J. J. A. (2015). *Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 131-139.
- Statistical Analysis System (SAS). (2004). *SAS OnlineDoc, Version 9.0*. SAS Institute Inc., Cary, NC: USA.
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klotwijk, C., Olyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P. & De Smet, S. (2017). *Nutritional composition of black soldier fly (Hermetia illucens) prepupae reared on different organic waste substrates. Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 2594-2600.
- Tancho, A. (2017). *Manual of Maejo maggot*. Trio Advertising & Media Co., Ltd. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Wang, Y. S. & Shelomi, M. (2017). *Review of Black soldier fly (Hermetia illucens) as animal feed and human food. Foods*, 6(91), doi:10.3390/foods6100091.
- Win, S. S., Ebner, J. H., Brownell, S. A., Pagano, S. S., Cruz-Dilone, P. & Trabold, T. A. (2018). *Anaerobic digestion of black soldier fly larvae (BSFL) biomass as part of an integrated biorefinery. Renewable Energy*. 127, 705-712.
- Zheng, L., Crippen, T. L., Singh, B., Tarone, A. M., Dowd, S., Yu, Z., Wood, T. K. & Tomberlin, J. K. (2013). *A survey of bacterial diversity from successive life stages of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) by using 16s rDNA Pyrosequencing. Journal of Medical Entomology*, 50(3): 647-658.

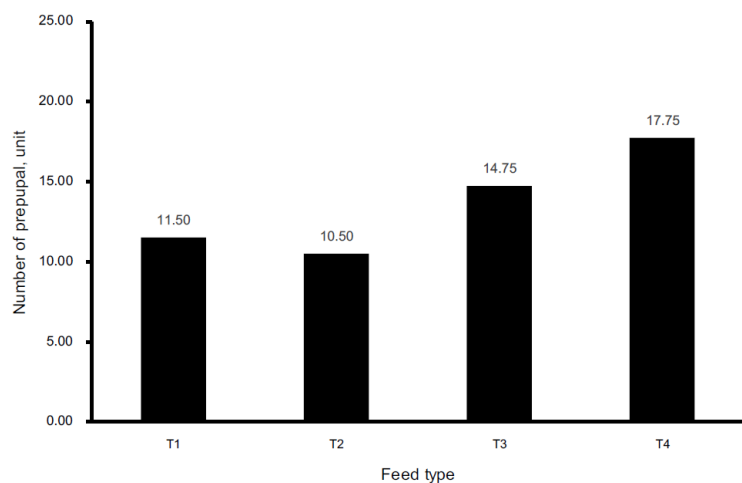


Figure 1 Effect of feed types on the number of black soldier prepupal

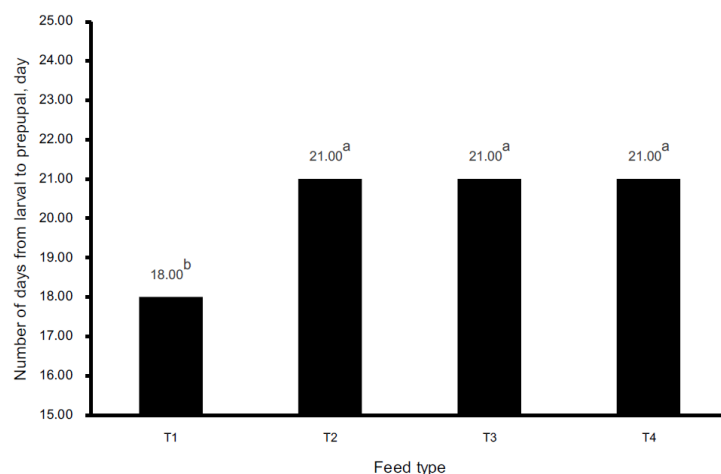


Figure 2 Effect of feed types on the number of days from black soldier larval to prepupal

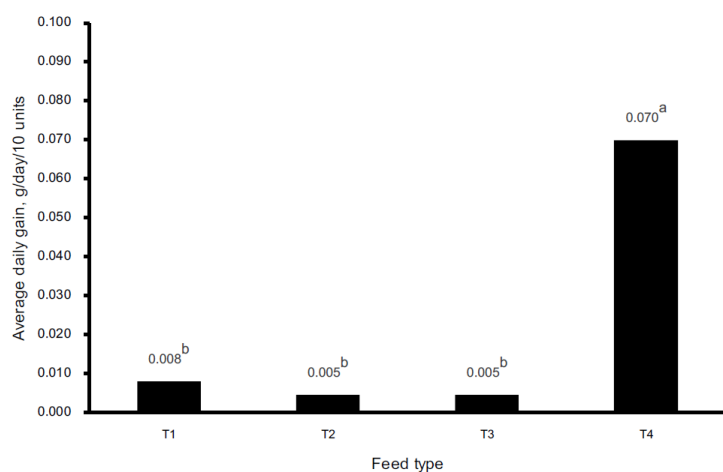


Figure 3 Effect of feed types on average daily gain during larval to prepupal period

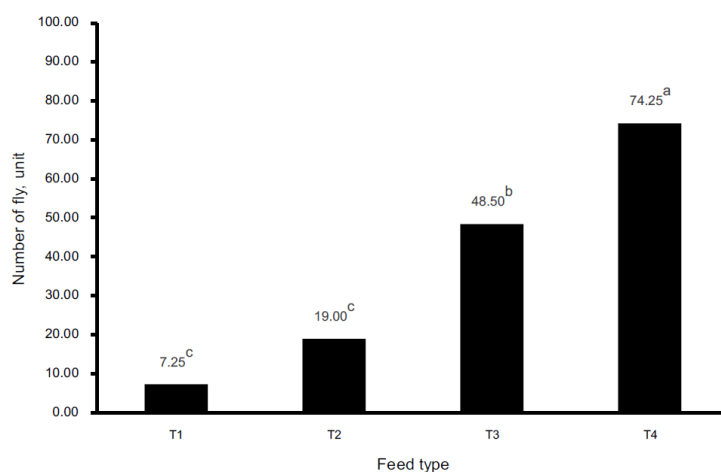


Figure 4 Effect of feed types on the number of black soldier fly

Table 1 Proximate analysis for black soldier larvae raised by different feed types and references

Feed type <sup>1/</sup>	Proximate analysis (%)			
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber
T1	38.39	49.37	27.06	10.15
T2	31.87	44.94	9.63	11.09
T3	28.21	40.19	7.64	11.24
T4	28.28	52.39	11.62	13.06
Catfish feed mixed with base feed (unpublished)	38.12	49.08	27.49	9.99
Residual food from canteen mixed with base feed (unpublished)	34.39	50.77	40.06	4.87
70% vegetable and 30% fruit waste (Menegus et al., 2018)	21.96	31.29	26.28	11.31
Digestate of biogas fermentation (Spranghers et al., 2017)	-	42.20	21.80	-

<sup>1/</sup> T1 = Control feed, T2 = Layer excrement mixed with base feed in the ratio 3:1, T3 = Fattening pig excrement mixed with base feed in the ratio 3:1, and T4 = Beef cattle excrement mixed with base feed in the ratio 3:1

Table 2 Proximate analysis for black soldier larvae raised by different feed types in Thai and overseas references

Feed type <sup>1/</sup>	Proximate analysis (%)			
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber
Catfish feed mixed with base feed (unpublished data)	38.12	49.08	27.49	9.99
Residual food from canteen mixed with base feed (unpublished data)	34.39	50.77	40.06	4.87
70% vegetable and 30% fruit waste (Menegus et al., 2018)	21.96	31.29	26.28	11.31
Digestate of biogas fermentation (Spranghers et al., 2017)	-	42.20	21.80	-

<sup>1/</sup> T1 = Control feed, T2 = Layer excrement mixed with base feed in the ratio 3:1, T3 = Fattening pig excrement mixed with base feed in the ratio 3:1, and T4 = Beef cattle excrement mixed with base feed in the ratio 3:1